

Aus dem Veterinär-Physiologischen Institut
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Eder

**Aktivitätsänderungen muskelspezifischer Enzyme
bei Vollblütern während des Trainings**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Hans Riethmüller
Tierarzt aus Brackenheim

Gießen 1970

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Veterinär-Physiologischen Institut
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Professor Dr. H. Eder

**Aktivitätsänderungen muskelspezifischer Enzyme
bei Vollblütern während des Trainings**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Veterinärmedizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

Eingereicht von
Hans Riethmüller
Tierarzt aus Brackenheim

Gießen 1970

Mit Genehmigung der Veterinärmedizinischen
Fakultät in Gießen

Dekan: Professor Dr. H. Tillmann

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. A. Wels

Tag der mündlichen Prüfung: 3. Dezember 1970



Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	5
2. Literaturübersicht	6
2.1 Lokalisation der Enzyme	6
2.2 Funktion der Enzyme GOT, CPK, LDH und MDH im Stoffwechsel	7
2.3 Veränderung der Enzymaktivitäten im Muskelgewebe nach Arbeit	8
2.4 Veränderung der Enzymaktivitäten im Serum nach Arbeit	10
3. Methodik	13
3.1 Versuchstiere und deren Training	13
3.2 Versuchsplan	13
3.3 Gewinnung der Proben	15
3.4 Bestimmungsmethoden der Enzymaktivitäten	16
3.5 Auswertung	18
4. Ergebnisse	19
4.1 Verlauf der Enzymaktivitäten nach einem Renngalopp über 1000 m	19
4.2 Verlauf der Enzymaktivitäten während des 7-monatigen Trainings	23
4.3 Aufteilung der Pferde in Leistungsgruppen	30
4.4 Ermittlung eines neuen Wertes für die CPK-Aktivität	40
4.5 Graphische Darstellung der Werte aller Leistungsgruppen	41
5. Diskussion	48
6. Zusammenfassung	53
7. Literaturverzeichnis	54

Verzeichnis der im Text verwendeten Abkürzungen

ALD	-	Fructose-1,6-diphosphat-Aldolase
CPK	-	Creatin-Phosphokinase
GOT	-	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase
LDH	-	Lactat-Dehydrogenase
MDH	-	Malat-Dehydrogenase
NAD	-	Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid
NADH	-	reduziertes NAD
SDH	-	Sorbit-Dehydrogenase
U	-	Unit
IU	-	International Unit
mU	-	1/1000 Unit
IE	-	Internationale Einheit

1. Einleitung

In der Sportmedizin wird die Funktion des Kreislaufes und der Atmung als limitierender Faktor für körperliche Höchstbelastung angesehen. Das Training des Sprinters und des Langläufers ist darauf ausgerichtet, die Leistungsfähigkeit des Herzens und der Blutgefäße zu steigern und besonders eine höhere Kapillarisierung des Bewegungsapparates zu erreichen.

Das Pferd ist als Lauftier besser geeignet, große Strecken in schneller Gangart zurückzulegen, als der Mensch. Herz und Kreislauf sind prädestiniert, große Leistungen zu vollbringen. Auch die Extremitäten sind darauf spezialisiert, dem Pferd Ausdauer und Schnelligkeit zu verleihen. Aber gerade der Bewegungsapparat des Pferdes erkrankt im Training verhältnismäßig häufig. Viele Pferde erleiden während der Ausbildung und während der Wettkämpfe Schäden an Muskeln, Sehnen, Bändern und Knochen. Daher kommt es im Pferdesport darauf an, die Ausbildungsarbeit so zu gestalten, daß bei gleichzeitiger Steigerung der Leistungsfähigkeit Schäden möglichst vermieden werden. Dies ist zu erreichen, wenn das Training nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten ausgerichtet wird. So müssen erst grundlegende Kenntnisse über Veränderungen, wie sie während des Trainings am Bewegungsapparat ablaufen, erarbeitet werden.

Die folgenden Untersuchungen haben das Ziel, das Verhalten der Aktivität muskelspezifischer Enzyme von zweijährigen Vollblütern während des Trainings zu untersuchen. Berücksichtigt werden die Enzyme Glutamat-Oxalacetat-Transaminase, Creatin-Phosphokinase, Lactat-Dehydrogenase und Malat-Dehydrogenase.

2. Literaturübersicht

Enzyme haben bei fast allen chemischen Umsetzungen im Organismus große Bedeutung als Katalysatoren. Sie stellen Eiweißkörper dar und sind zum größten Teil Proteide. Proteide bestehen aus zwei Anteilen, nämlich dem hochmolekularen Proteinanteil, dem Apoferment, das zum Teil substratspezifisch und zum Teil wirkungsspezifisch ist, und der niedermolekularen prosthetischen Gruppe, dem Coferment. Beide ergeben zusammen das Holoferment. Wie die Enzymwirkungen ablaufen ist noch weitgehend unbekannt; bestätigt hat sich die Annahme von MICHAELIS und MENTEN, daß sich zunächst ein Enzym-Substrat-Komplex bildet (KARLSON;19). Für diese Bildung sind wahrscheinlich Ionenbeziehungen und Nebenvalenzen verantwortlich. P.D. BOYER, H. LARDY und R. MYRBÄCK (5) beschreiben, daß bestimmte Stellen des Proteins ein Muster von Ladungen oder reaktionsfähige Gruppen aufweisen, sodaß das Substratmolekül hier angelagert wird. Dieser Teil des Moleküls wird als aktives Zentrum bezeichnet.

2.1 Lokalisation der Enzyme

Die einzelnen Enzyme sind im Organismus dort vermehrt lokalisiert, wo sie ihrer Wirkungsweise nach am meisten gebraucht werden. E. und F.W. SCHMIDT (31) wählen aus praktisch-medizinischen Zwecken deshalb eine Einteilung, die sich ganz auf den Wirkungs-ort bezieht. Eine andere Einteilung ergibt sich aus der Funktion oder aus der Stellung im Stoffwechsel. Geordnet nach dem Wirkungsbereich, lassen sich zwei große Gruppen von Enzymen trennen: Sekretenzyme und Zellenzyme. Sekretenzyme werden aus der Zelle sezerniert, um an ihre Wirkungsstätte zu gelangen. Die Zellenzyme, denen die hier untersuchten Enzyme zugeordnet werden, kommen nur im Stoffwechselverband der Zelle zur Wirkung, außerhalb der Zellen sind sie funktionslos.

E. und F.W. SCHMIDT (31) beschreiben, wie die Organe entsprechend ihrer verschiedenen Funktionen mit den einzelnen Enzymen unterschiedlich gut ausgestattet sind. Nicht nur die absolute Höhe der Enzymaktivitäten variiert von Organ zu Organ, sondern

vor allem auch das Verhältnis der einzelnen Aktivitäten untereinander. Jedes Organ hat sein "typisches Enzym-Muster". Daran kann es erkannt und von anderen Organen unterschieden werden.

Die Aktivitäts-Unterschiede im Enzym-Muster der Skelettmuskulatur werden deutlich, wenn man die Aktivität des Enzyms, das dort in höchster Konzentration vorkommt, gleich 100 % setzt und die übrigen Enzyme dazu in Relation bringt. So enthält nach E. und F.W. SCHMIDT (31) die quergestreifte Muskulatur beim Menschen den größten Anteil an CPK und LDH, nämlich 100 %. CPK ist dabei spezifisch für dieses Gewebe, da sie in anderen Organen so gut wie nicht vorkommt, im Gegensatz zu LDH, die auch in Herz und Leber zu fast 100 % vertreten ist. GOT erreicht im Skelettmuskel eine Aktivität von 60 %. Die MDH-Aktivität rangiert beim Enzym-Muster der quergestreiften Muskulatur des Menschen zwischen GOT und LDH.

Beim Pferd sieht dieses Muster insofern anders aus, als nach GERBER (12) und SOVA und JICHA (33) zwar CPK (100%), LDH (100%) und GOT (60%) in der gleichen Größenordnung wie beim Menschen liegen, die MDH-Aktivität jedoch ebenso hoch ist, wie die der CPK und LDH (100%). Bei FREEDLAND, HJERPE und CORNELIUS (10) wird das Muskelenzymmuster etwas anders beschrieben, allerdings wurden hier nur zwei Pferde zur Untersuchung herangezogen.

Nach E. und F.W. SCHMIDT (31) sind GOT und MDH sowohl im cytoplasmatischen Raum, als auch in den Mitochondrien lokalisiert, sie sind bilokulär. LDH und CPK sind dagegen nur im cytoplasmatischen Raum vorhanden und deshalb unilokulär.

2.2 Funktion der Enzyme GOT, CPK, LDH, MDH im Stoffwechsel

Nach Aufstellung eines solchen Musters erscheint es zweckmäßig, daß zu Untersuchungen über Veränderungen in der Skelettmuskulatur die Enzyme GOT, CPK, LDH und MDH herangezogen werden.

- - -

GOT, Glutamat-Oxalacetat-Transaminase, katalysiert die Gleichgewichtsreaktion



Sie gehört zu den 2.6.1 Aminotransferasen und bewirkt, daß Aminosäuren, die im Stoffwechsel abgebaut werden, durch die Transaminierung zur α -Ketosäure gelangen.

CPK, Creatin-Phosphokinase, katalysiert die Gleichgewichtsreaktion



Sie gehört zu den phosphatübertragenden Enzymen und katalysiert eine solche Reaktion auf hohem Energieniveau.

LDH, Lactat-Dehydrogenase, katalysiert die wasserstoffübertragende Reaktion



Bei der Glykolyse wird die Kette durch LDH abgeschlossen, indem sie die Brenztraubensäure reduziert und das Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid wieder in dehydrierter Form zur Verfügung stellt.

MDH, Malat-Dehydrogenase, katalysiert die Reaktion



Im letzten Schritt des Zitronensäurezyklus wird die sekundäre Alkoholgruppe der Apfelsäure dehydriert, und MDH überträgt den Wasserstoff auf NAD^+ . Dabei entsteht Oxalacetat.

2.3 Veränderungen der Enzymaktivitäten im Muskelgewebe nach Arbeit

Zahlreiche Autoren beschreiben die Aktivitätsänderungen der Enzyme GOT, CPK, LDH und MDH während und nach körperlicher Arbeit und nach Trainingseinflüssen. Sie berichten sowohl über Aktivitätsanstiege im Muskelgewebe selbst, als auch über das Erscheinen dieser Enzyme im Serum.

PETTE (29) zeigt Unterschiede zwischen der Enzymausstattung und dem Stoffwechsel im vollentwickelten Muskel. Er differenziert

die Gruppe der glykolytischen Enzyme von der Gruppe der Enzyme des Zitronensäurezyklus und des Fettsäurezyklus und zwar je nach Vorhandensein im phasischen M. semimembranaceus und im tonischen M. semitendineus. Dabei erweist sich, daß im phasischen Muskel zehnmal soviel glykolytische Enzyme vorhanden sind wie im tonischen. Dagegen sind die Enzyme des mitochondrialen Stoffwechsels im tonischen Muskel um das Zwei- bis Vierfache höher. Die andauernde tonische Anspannung wird also durch aeroben Abbau bewältigt, während die phasische Muskularbeit hauptsächlich durch Glykolyse bestritten wird. Auch KEUL (22) kam zu ähnlichen Ergebnissen. Kein Muskel ist jedoch nur mit einem Faseranteil ausgestattet, deshalb sind auch die entsprechenden Enzymmuster nicht voneinander zu trennen. LAUDAHN (25) fand aber, daß die Muskulatur des Rumpfes höhere glykolytische Aktivität aufweist, als die der Gliedmaßen, welche wiederum vermehrt mit oxydativen Enzymen ausgestattet ist.

Nach SCHMIDT und SCHMIDT (32) müssen die Veränderungen der Aktivitäten bei momentaner Belastung von denen nach länger andauerndem Training unterschieden werden. CORI und HELMREICH (16) richteten das Interesse auf die Frage des Anstiegs und Abfalls der Enzymaktivierung, abhängig von dem Wechsel zwischen der Anspannung und der Erschlaffung des Muskels, und sie finden hier einheitliche Werte. Die Werte dagegen, die während und nach Trainingsbelastung gefunden werden, sind nicht nur sehr unterschiedlich, sondern geradezu widersprüchlich. Dies resultiert weniger aus den voneinander abweichenden Untersuchungsmethoden, als aus den sehr verschieden gestalteten Belastungen; denn bei einer Folge von kurz dauernden Maximalbelastungen werden andere Substrate als Energiequellen beansprucht, als bei einem lang andauernden Training. Ein über eine längere Zeit sich erstreckendes Training bewirkt ein Ansteigen der Mitochondrien in der Muskulatur um ein Mehrfaches. LAGUENS (24) fand dies in der Herzmuskulatur von Ratten nach einer relativ kurzen Trainingsperiode. Mit dem Steigen der Mitochondriendichte erhöht sich auch die oxydative Kapazität. Das Enzymmuster der im Training stehenden Skelettmuskulatur wird dem des Herzens immer ähnlicher. LAWRIE (26) be-

richtet, daß der Spiegel einiger Enzyme des oxydativen Abbaus in der Psoas-Muskulatur von Laboratoriumskaninchen nur ein drittel bis einhalb mal so hoch ist, wie der von Wildhasen und ein viertel bis ein sechstel mal so hoch, wie der beim Pferd.

HEARN und WAINIO (15), die Ratten durch tägliches einhalb stündiges Schwimmen während fünf bis acht Wochen trainierten, fanden kein Ansteigen der SDH-Aktivität im Skelettmuskel. Unter ähnlichen Bedingungen gab es weder eine Erhöhung der ALD, LDH, CPK noch der Phosphorylase-Aktivität (GOLLNICK, P.D. und HEARN, G.R. et al.)(14). Durch eine beträchtliche Steigerung der Tretbahnbelastung erzielte HOLLOSZY (18) bei Ratten einen Enzymanstieg. Bezogen auf ein Gramm Muskelgewebe stiegen SDH, NADH-Dehydrogenase, NADH-Cytochrom-C-Reduktase und Cytochrom-C-Oxydase um das Zweifache an. Leider wurden keine glykolytischen Enzyme gemessen. KENDRICK-JONES und PERRY (21) berichten über einen Anstieg der CPK und der ALD.

Angaben über Veränderungen der Enzymaktivitäten in der Leber nach Arbeit sind spärlich. CRITZ (7) fand einen Anstieg der GOT; SANGSTER und BEATON (30) einen der MDH.

2.4 Veränderung der Enzymaktivitäten im Serum nach Arbeit

In den bisherigen Ausführungen wurde der Enzymanstieg im Gewebe behandelt. Es ist jedoch bekannt, daß infolge einer Belastung diese Enzyme vermehrt im Serum erscheinen. Wie und warum sie dorthingelangen soll später diskutiert werden.

SCHMIDT und SCHMIDT (32) stellten beim Menschen nach einer 50 Watt-Belastung, die bis zu 5 Stunden dauerte, einen Anstieg folgender Serumaktivitäten fest:

	Vor Belastung	Nach Belastung
GOT	9 mU/ml	12 mU/ml
CPK	25 mU/ml	35 mU/ml
LDH	110 mU/ml	115 mU/ml
MDH	50 mU/ml	70 mU/ml

Viele andere Autoren berichten über ähnliche Ergebnisse (1,2,3, 6,8,9,11,17,23,28,36). Sobald jedoch unterschiedliche Angaben über Aktivitätsanstiege gemacht werden, sind sie hauptsächlich auf die Uneinheitlichkeit der Untersuchungsgruppen zurückzuführen.

In den bisherigen Zitaten wird bei GERBER (12), SOVA und JICHA (33) und FREEDLAND et al. (10) kurz auf das Muskelenzymmuster des Pferdes eingegangen. Im folgenden Abschnitt wird bei dieser Tierart über den Anstieg der Enzymaktivitäten im Gewebe und im Serum nach körperlicher Arbeit und während des Trainings berichtet. Die Untersuchungen darüber sind nicht so sehr zahlreich, wie überhaupt in der gesamten Veterinärmedizin die Enzymdiagnostik noch wenig entwickelt ist.

GERBER (12) ermittelt Normalwerte des Pferdes. Er vergleicht die Aktivitäten in der Skelettmuskulatur mit denen im Normalserum und im Serum bei Myoglobinämie und kommt zu dem Schluß, daß das Muster im Krankenserum sich sehr stark an das der Skelettmuskulatur angleicht. Die Normalwerte im Serum betragen nach GERBER (13) :

GOT	92 mU/ml
CPK	1 mU/ml
LDH	374 mU/ml
MDH	176 mU/ml

Nach demselben Autor wird für Pferde der Kaltblutrassen ein GOT-Wert von 76 ± 18 angegeben, für untrainierte Vollblüter 90 ± 35 und für trainierte Vollblüter 162 ± 75 . GERBER (13) sagt, daß regelmäßiges Training bei Vollblütern eine physiologische Erhöhung der GOT-Aktivität um das Zwei- bis Dreifache hervorruft. Auch CORNELIUS, BURNHAM und HILL (39) berichten über einen zweifachen GOT-Anstieg bei regelmäßig trainierten Vollblütern. Bei Blutproben vor und unmittelbar nach einem Rennen fanden sie keinen Unterschied im GOT-Serumspiegel.

ULLRICH (35) untersuchte das Verhalten der Serumtransaminasen bei Trabern nach Bewegungsbelastung und stellte einen starken Anstieg fest. Er fand bei 36 Traberhengsten und -stuten im

Alter von zwei bis zwölf Jahren, daß die GOT kurz nach einem 3000 m Rennen um ca. 20 % anstieg. Den weiteren Verlauf der Aktivität gibt er nicht an. Dagegen beschreibt er die Werte bei einer Stute, die zehn Minuten im Trab und fünf Minuten im Galopp bewegt wurde. Hier erhöhte sich die Aktivität kurz nach Belastung um 50 %, um dann nach 25 Min. Ruhe auf 20 % unter den Gipfelwert abzusinken.

Nach eigenen Untersuchungen, die mit zwei Pferden auf einer Tretbahn angestellt wurden, erhöht sich die Aktivität der Enzyme GOT und CPK, während und nach fünf Minuten Schritt (4 km/h) bei einer Herzfrequenz von 60 Schlägen/Min. und auch während und nach zehn Minuten Trab (16 km/h) bei einer Herzfrequenz von 128 Schlägen/Min., nicht. ULLRICH (35) versuchte außerdem eine Altersabhängigkeit aufzuzeigen. Er kam zu dem Ergebnis, daß die Aktivität der GOT von den Zweijährigen bis zu den Zwölfjährigen um 58 mU/ml zunimmt, also pro Lebensjahr um 5,8 mU/ml. Dies ist durch die Statistik nicht bewiesen. Die Trainingsbelastung während dieser Zeit wurde nicht berücksichtigt.

3. Methodik

3.1 Versuchstiere und deren Training

Für die eigenen Untersuchungen standen 17 Vollblüter zur Verfügung, zwölf Hengste und fünf Stuten. Sieben wurden in Baden-Baden und zehn in Köln trainiert. Sie wurden unter gleichen Bedingungen gehalten, die klimatischen Verhältnisse waren an beiden Standorten ähnlich. Alle Pferde kamen im Alter von ein-einhalb Jahren im Oktober 1969 zum ersten Mal in den Rennstall. Obwohl sich die Tiere zu diesem Zeitpunkt noch im Wachstum befanden, begann das Training sofort nach ihrer Einstellung. Sie absolvierten eine tägliche Trabarbeit auf der Sandbahn. Diese Arbeit erstreckte sich bis zum nächsten Frühjahr und bestand aus kurzem Bewegen im Schritt, ca. 20 Minuten Trab und anschließendem Schrittreiten. In diese Arbeit wurden sogenannte Canter über eine Strecke von 1200 m auf der Grasbahn eingebaut und hier war es den Trainern überlassen, wie oft sie diese Canter am gleichen Tag oder während eines längeren Zeitraumes wiederholten. Die Canter konnten nur so lange geritten werden, wie der Boden nicht gefroren war. Im Frühjahr mußten die Tiere sehr bald "schnell gehen", das heißt über 600 - 1000 m im Renn-galopp mit entsprechender Vorbereitung und anschließendem "Trockenreiten". Das gesamte Training kann in zwei Perioden aufgeteilt werden. Die erste dauert von Oktober bis Dezember, die zweite von März bis Juni. Zwischen beiden liegt die Winterpause, in der die Pferde nur im Trab auf der Sandbahn geritten werden. Schon in der ersten Periode machen sich in der Leistungsfähigkeit der Jährlinge Unterschiede bemerkbar, und zwar abhängig von Konstitution und Härte des Trainings.

3.2 Versuchsplan

Um die Aktivitätsänderungen der Enzyme GOT, CPK, LDH und MDH während des mehrmonatigen Trainings festzustellen, wurde folgender Versuchsplan zur Durchführung der Blutentnahmen ausgearbeitet:

Köln

Baden - Baden

	Trainingsdauer	Entnahmezeitpunkt nach Belastung	Trainingsdauer	Entnahmezeitpunkt nach Belastung
1. Entnahme	vor Trainings- beginn	-	vor Trainings- beginn	-
2. Entnahme	1 Monat	1/2 - 1 Stunde	1 Monat	6 Stunden
3. Entnahme	2 Monate	1/2 - 1 Stunde	2 Monate	6 Stunden
4. Entnahme	5 Monate	6 Stunden	5 Monate	6 Stunden
5. Entnahme	7 Monate	6 Stunden	7 Monate	6 Stunden

Zusätzlich ist bei zehn Pferden der Aktivitätsverlauf nach einem Renngalopp über 1000 m untersucht worden. Dazu wurden die Blutproben in Ruhe, unmittelbar und sechs Stunden nach Belastung entnommen.

3.3 Gewinnung der Proben

10 ml Blut wurden aus der leicht gestauten V. jugularis mittels einer innenpolierten Kanüle entnommen und in einem Zentrifugenglas aufgefangen, das mit Spuren von Vetren beschickt war, um das Blut ungerinnbar zu machen. Nach SZASZ (persönliche Mitteilung) hat Vetren keinen Einfluß auf die Enzymaktivitäten im Plasma. 30 Minuten nach Beendigung der Entnahme wurde das Blut zentrifugiert und das Plasma in ein Zentrifugenglas abgegossen. Es wurde in einer eisgekühlten Thermosflasche sofort auf +4°C herabgekühlt und in diesem Zustand transportiert. Nach den Untersuchungen von SUDHOF, H. und WÖTZEL, E. (34) und nach eigenen Untersuchungen verändert sich die Serumaktivität von GOT, CPK, LDH und MDH bis zu drei Stunden nach der Entnahme nicht (Tabelle 1 und 2).

Tab. 1 Abnahme der Serumaktivität in Abhängigkeit von Temperatur und Lagerungsdauer beim Menschen (nach SUDHOF, H. und WÖTZEL, E.)

MDH	12 Std.	24 Std.	48 Std.	
	89 %	84 %	79 %	+ 20°C
	93 %	88 %	88 %	+ 4°C
	99 %	99 %	98 %	- 20°C
GOT	12 Std.	24 Std.	48 Std.	
	81 %	78 %	70 %	+ 20°C
	86 %	85 %	77 %	+ 4°C
	97 %	95 %	93 %	- 20°C

Tab. 2 Abnahme der Enzymaktivität in Abhängigkeit von Temperatur und Lagerungsdauer beim Pferd (nach eigenen Untersuchungen)

LDH	12 Std.	24 Std.	48 Std.	
	80 %	74 %	69 %	+ 20°C
	84 %	82 %	79 %	+ 4°C
	97 %	95 %	94 %	- 20°C
CPK	12 Std.	24 Std.	48 Std.	
	90 %	89 %	83 %	+ 20°C
	91 %	90 %	88 %	+ 4°C
	98 %	96 %	95 %	- 20°C

3.4 Bestimmungsmethoden der Enzymaktivitäten

Alle Enzymaktivitäten wurden im UV-Test mit Hilfe eines Zeiss-Spektralphotometers PMQ II bei einer Wellenlänge von 366 nm, bei einer Schichtdicke von 1 cm und bei einer Temperatur von 25°C bestimmt.

1 U (IU ; IE) bezeichnet die Enzymaktivität, die bei 25°C den Umsatz von 1 μ Mol Substrat in 1 Minute bewirkt. Für das Serum empfiehlt sich die Angabe der Enzymaktivitäten in mU (1/1000U), bezogen auf 1 ml. Alle Enzymaktivitäten sind in dieser Arbeit in mU/ml angegeben.

Die Messungen erfolgten bei den eigenen Untersuchungen im Plasma, dagegen sind sie bei den zitierten Autoren zum größten Teil im Serum durchgeführt worden. Nach SZASZ (persönliche Mitteilung) besteht kein Unterschied zwischen den Aktivitäten in Serum und Plasma; deshalb wird auf eine Differenzierung keinen Wert gelegt. Die anfangs erklärten Abkürzungen für die Enzyme stehen für Gewebs -, Serum - und Plasmaaktivitäten.

Die GOT wurde nach der Methode von KARMEN, A. et al. (20), LDH und MDH wurden nach der Methode von WROBLEWSKI und La DUE (37) ermittelt. Die Messung der CPK-Aktivität ließ sich nach einer Methode durchführen, die von OLIVER, I.T. (27) entwickelt und von WAZ (40) geprüft und verbessert wurde.

Zur Aktivitäts-Bestimmung im Pferdeserum ist dieses Verfahren hier zum ersten Mal angewendet worden. Es wurde unter optimaler Substratkonzentration (Creatin-Phosphat) und mit reduziertem Glutathion als Reaktivator gearbeitet. Verwendet wurden Reagentien der Firma Boehringer in Mannheim.

Die GOT und CPK-Bestimmungen erfolgten 24 Stunden, die LDH und MDH-Bestimmungen 48 Stunden nach der Entnahme. Entsprechend den oben erläuterten Aktivitätsänderungen, abhängig von Lagerung und Temperatur, ergeben sich damit für alle Enzyme relative Werte. Da aber die Zeitdauer der Aufbewahrung und die Temperatur immer konstant gehalten wurden, sind die erhaltenen Werte untereinander vergleichbar.

Zur Festlegung des Bestimmungsfehlers, der die methodisch bedingte Streuung der Meßwerte darstellt, wurden 100 ml Blut eines Pferdes in 10 Proben aufgeteilt.

Am Beispiel der Malat-Dehydrogenase soll die Ermittlung des Bestimmungsfehlers dargestellt werden.

Tab. 3 Ermittlung des Bestimmungsfehlers für die MDH-Aktivität im Pferde-Plasma

Probe Nr.	Aktivität in mU/ml
1	270,88
2	246,30
3	270,88
4	290,58
5	295,50
6	295,50
7	288,11
8	295,50
9	302,89
10	295,50
$\bar{x}$	285,15
s	$\pm 17,33$
s %	6 %

Der Bestimmungsfehler für MDH beträgt	6,0 %
für GOT	3,5 %
für CPK	2,8 %
für LDH	5,1 %

Um möglichst exakte Werte zu erhalten, wurden im Laufe der gesamten Untersuchungen bei jeder Aktivitätsmessung Doppelbestimmungen durchgeführt.

3.5 Auswertung

Mit Hilfe des Zeichentestes nach van der WAERDEN (38) wird die Signifikanz der Aktivitätsänderungen aus den Tabellen 4, 5, 7, 8, 10 und 13 geprüft. Der Zeichentest ist ein parameterfreier Test. Er ist für diese Untersuchungen aussagekräftig, da er unabhängig von der Streuung ist.

Zur Berechnung der Mittelwerte und der Standardabweichungen sind folgende Formeln verwendet worden:

Mittelwert (arithmetisches Mittel)	$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i$
Standardabweichung	$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$

4. Ergebnisse

4.1 Verlauf der Enzymaktivitäten nach einem Renngalopp über 1000 m

In den Tabellen 4 und 5 werden die Meßwerte für die Aktivitäten von GOT, CPK, LDH und MDH dargestellt, die vor und nach einer starken Belastung (1000 m Renngalopp) ermittelt wurden. 15 Minuten und 6 Stunden nach dem Renngalopp wurden Blutproben entnommen, um festzustellen, ob der Entnahmezeitpunkt Einfluß auf die Höhe der Enzymaktivitäten hat. In Tabelle 6 werden die Ergebnisse der Statistischen Prüfung der Meßwerte aus Tabelle 4 und 5 aufgezeigt.

Nach der statistischen Auswertung sind folgende Feststellungen zu treffen:

Für GOT ist der Anstieg gegenüber den Ruhewerten sowohl 15 Minuten, als auch 6 Stunden nach Belastung signifikant ($P < 0,01$ bzw. $P = 0,01$). Dagegen ist der Abfall zwischen 2. und 3. Entnahme nicht gesichert.

Die CPK-Aktivität verhält sich gleich.

Die LDH unterscheidet sich wesentlich von den anderen Enzymen. Bei ihr ist ein Abfall sowohl von der 1. zur 2., als auch von der 1. zur 3. Entnahme statistisch bewiesen ($P = 0,01$ bzw. $P = 0,05$). Die Aktivitätsabnahme zwischen der 2. und 3. Entnahme liegt außerhalb der Vertrauensgrenzen.

Der Anstieg der MDH unmittelbar nach Belastung ist gesichert ($P < 0,01$). Im weiteren Verlauf ist ein Abfall zu verzeichnen, der jedoch nur zwischen der 2. und 3. Entnahme bewiesen ist ($P = 0,01$).

Die Untersuchungen ergeben, daß die Aktivitäten der Enzyme GOT, CPK und LDH sowohl 6 Std. als auch 15 Min. nach einer Belastung das gleiche Niveau haben. Lediglich die MDH erleidet nach einem raschen Anstieg während der folgenden 6 Std. einen Aktivitätsverlust.

Tab. 4 GOT- und CPK-Aktivitäten von 10 Pferden, vor, 15 Minuten und 6 Stunden nach einer starken Belastung (Renngalopp über 1000 m) in mU/ml

GOT										
Pferd	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	$\bar{x}$
vor Belastung	105	120	130	105	120	117	103	112	119	207 123,8
15 Min. nach Belastung	135	148	139	121	135	128	112	121	126	225 139,0
6 Std. nach Belastung	132	157	139	112	130	136	117	126	123	192 136,4
CPK										
vor Belastung	34	51	36	36	43	23	25	55	24	39 36,6
15 Min. nach Belastung	50	124	45	49	59	39	39	55	24	212 69,6
6 Std. nach Belastung	64	80	35	49	50	54	39	63	24	84 54,0

Tab. 5 LDH- und MDH-Aktivitäten von 10 Pferden, vor, 15 Minuten und 6 Stunden nach einer starken Belastung (Renngalopp über 1000 m) in mU/ml

LDH

Pferd	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	$\bar{x}$
vor Belastung	320	298	172	210	310	191	220	229	210	248	240,8
15 Min. nach Belastung	238	257	124	152	200	181	268	205	191	215	203,1
6 Std. nach Belastung	191	267	124	133	219	192	238	200	152	211	192,7

MDH

vor Belastung	334	326	246	280	398	325	374	433	305	379	340,0
15 Min. nach Belastung	476	386	324	325	513	462	374	492	403	433	418,0
6 Std. nach Belastung	395	386	274	305	395	323	374	325	403	380	323,7

Tab. 6 Statistische Prüfung der Meßwerte aus Tab. 4 und 5
nach dem Zeichentest

1	=	Entnahmezeitpunkt vor Belastung
2	=	Entnahmezeitpunkt 15 Min. nach Belastung
3	=	Entnahmezeitpunkt 6 Std. nach Belastung
$\bar{x}$	=	Mittelwert aus 10 Werten + Anstieg - Abfall
n_D	=	Anzahl der Differenzen
+:-	=	Verhältnis der ansteigenden zu den abfallenden Differenzen
P	=	Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig)
n.s.	=	nicht signifikant

	Entnahmezeitpunkt	$\bar{x}$	n_D	+:-	P
GOT	2:1	+	10	10:0	<0,01
	3:1	+	10	9:1	=0,01
	3:2	-	9	4:5	n.s.
CPK	2:1	+	8	8:0	<0,01
	3:1	+	9	8:1	=0,01
	3:2	-	7	3:4	n.s.
LDH	2:1	-	10	1:9	=0,01
	3:1	-	10	2:8	=0,05
	3:2	-	9	3:6	n.s.
MDH	2:1	+	9	9:0	<0,01
	3:1	-	9	6:3	n.s.
	3:2	-	7	0:7	=0,01

4.2 Verlauf der Enzymaktivitäten während des 7 - monatigen Trainings

In der Tabelle 7 werden die GOT-, CPK-, LDH- und MDH-Aktivitäten der ersten und zweiten Trainingsperiode von 10 Pferden der Kölner Rennbahn dargestellt. Die Pferde I - V werden bei Trainer Jentsch, die Pferde VI - X bei Trainer Bollow ausgebildet. Sie werden zusammen aufgezeigt, da sich beide Trainingsmethoden gleichen.

Die Arbeit ist in der ersten Periode gekennzeichnet durch tägliches Traben, das ca. 20 Minuten dauert und durch tägliches Cantern über 1000 - 1500 m. Zwischen der 3. und 4. Entnahme liegt die Winterpause mit leichter Trabarbeit auf der Sandbahn.

Die Trainingsarbeit der zweiten Periode ist härter. Die Pferde müssen zusätzlich öfters über eine kurze Distanz schnell galoppieren. Bis zur letzten Blutentnahme werden die Anforderungen laufend gesteigert.

In Tab. 8 sind die Werte der Badener Pferde aus beiden Trainingsperioden zusammengefaßt. Die Pferde XI - XIV des Trainers Gülcher müssen bereits vor der Winterpause zusätzlich zu den üblichen Cantern mehrere Male einen Renngalopp über kurze Distanz absolvieren. In der zweiten Periode werden auch hier die Anforderungen wesentlich gesteigert. Die nunmehr Zweijährigen müssen zeigen, ob sie geeignet sind, in die ersten Rennen der Saison geschickt zu werden.

In Tabelle 9 werden die Ergebnisse der statistischen Prüfung der Tabellen 7 und 8 aufgeführt.

Tab. 7 GOT-, CPK-, LDH- und MDH-Aktivitäten von 10 Kölner Pferden, abhängig von der Trainingsdauer in mU/ml

GOT	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd I	98	90	92	105	123
Pferd II	89	76	101	120	420
Pferd III	100	96	92	130	128
Pferd IV	98	90	90	105	128
Pferd V	94	113	110	120	212
Pferd VI	109	94	100	117	247
Pferd VII	85	141	90	103	148
Pferd VIII	89	90	101	112	207
Pferd IX	118	92	94	119	130
Pferd X	89	85	112	207	165
$\bar{x}$	96,9	96,7	98,2	123,6	165,3

CPK

Pferd I	35	24	24	34	32
Pferd II	31	24	35	51	102
Pferd III	35	24	24	36	24
Pferd IV	36	32	18	36	32
Pferd V	26	42	36	43	79
Pferd VI	33	39	35	23	197
Pferd VII	16	47	71	25	55
Pferd VIII	51	45	43	55	134
Pferd IX	25	32	24	24	24
Pferd X	39	47	39	39	54
$\bar{x}$	32,7	35,6	34,9	36,6	54,2

Fortsetzung von Tabelle 7

LDH					
	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd I	257	258	370	320	367
Pferd II	267	238	269	298	249
Pferd III	210	172	257	172	152
Pferd IV	210	200	248	210	252
Pferd V	324	258	363	310	343
Pferd VI	152	230	152	191	257
Pferd VII	171	191	181	220	219
Pferd VIII	276	296	219	229	324
Pferd IX	191	210	143	210	277
Pferd X	197	186	162	248	248
$\bar{x}$	225,5	223,9	236,4	240,8	248,0

MDH

Pferd I	295	265	295	334	490
Pferd II	354	325	295	326	507
Pferd III	325	354	325	246	394
Pferd IV	325	303	354	280	435
Pferd V	482	414	492	398	698
Pferd VI	295	344	325	325	543
Pferd VII	275	374	325	374	344
Pferd VIII	325	521	413	433	461
Pferd IX	266	354	334	305	334
Pferd X	364	286	334	379	456
$\bar{x}$	330,6	354,0	349,2	340,0	456,0

Tab. 8 GOT-, CPK-, LDH- und MDH-Aktivitäten von 7 Badener Pferden, abhängig von der Trainingsdauer in mU/ml

GOT	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd XI	627	271	194	104	850
Pferd XII	112	109	145	850	260
Pferd XIII	119	114	97	148	175
Pferd XIV	116	105	149	103	130
Pferd XV	92	88	103	121	143
Pferd XVI	90	89	106	125	148
Pferd XVII	96	82	119	119	138
$\bar{x}$	178,8	122,5	130,4	224,2	263,4

CPK

Pferd XI	124	181	247	41	244
Pferd XII	32	63	124	91	150
Pferd XIII	47	47	36	29	79
Pferd XIV	35	47	57	41	24
Pferd XV	27	32	37	38	55
Pferd XVI	29	39	43	42	51
Pferd XVII	32	24	58	50	62
$\bar{x}$	46,5	61,8	86,0	47,4	95,0

Fortsetzung von Tabelle 8

LDH

	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd XI	210	195	225	231	286
Pferd XII	198	210	284	312	267
Pferd XIII	271	296	115	289	324
Pferd XIV	238	286	348	273	277
Pferd XV	214	267	301	278	334
Pferd XVI	218	258	280	233	308
Pferd XVII	207	239	325	289	321
$\bar{x}$	222,2	250,1	268,2	272,1	302,4

MDH

Pferd XI	543	364	530	426	729
Pferd XII	341	336	537	486	394
Pferd XIII	364	355	468	236	315
Pferd XIV	337	286	502	236	276
Pferd XV	324	395	478	431	493
Pferd XVI	314	305	463	421	442
Pferd XVII	326	325	537	483	497
$\bar{x}$	364,1	338,0	502,1	395,5	449,4

Tab. 9 Statistische Prüfung der Meßwerte aus den Tabellen 7 und 8 nach dem Zeichentest

1	=	Untersuchung vor Beginn des Trainings
2	=	Untersuchung nach 1 Monat Training
3	=	Untersuchung nach 2 Monaten Training
4	=	Untersuchung nach 5 Monaten Training
5	=	Untersuchung nach 7 Monaten Training
$\bar{x}$	=	Mittelwert + Anstieg - Abfall
n_D	=	Anzahl der Differenzen
+: -	=	Verhältnis der ansteigenden zu den abfallenden Differenzen
P	=	Irrtumswahrscheinlichkeit (zweiseitig)
n.s.	=	nicht signifikant

Pferde

I-X

Köln

	Untersuchung	$\bar{x}$	n_D	+: -	P
GOT	2:1	-	10	3:7	n.s.
	3:2	+	9	6:3	n.s.
	4:3	+	10	10:0	<0,01
	5:4	+	10	8:2	=0,05
CPK	2:1	+	10	5:5	n.s.
	3:2	-	8	2:6	n.s.
	4:3	+	8	6:2	n.s.
	5:4	+	9	6:3	n.s.
LDH	2:1	-	10	5:5	n.s.
	3:2	+	10	5:5	n.s.
	4:3	+	10	5:5	n.s.
	5:4	+	10	6:4	n.s.

Fortsetzung von Tabelle 9

Pferde

I - X

Köln	Untersuchung	$\bar{x}$	n_D	+: -	P
MDH	2:1	+	10	4:6	n.s.
	3:2	-	10	4:6	n.s.
	4:3	-	9	6:4	n.s.
	5:4	+	10	9:1	=0,01

Pferde

XI - XVII

Baden-Baden	Untersuchung	$\bar{x}$	n_D	+: -	P
GOT	2:1	-	7	0:7	=0,01
	3:2	+	7	5:2	n.s.
	4:3	+	7	5:2	n.s.
	5:4	+	7	6:1	=0,02
CPK	2:1	+	6	5:1	=0,05
	3:2	+	7	6:1	=0,02
	4:3	-	7	1:6	=0,02
	5:4	+	7	6:1	=0,02
LDH	2:1	+	7	6:1	=0,02
	3:2	+	7	6:1	=0,02
	4:3	+	7	3:4	n.s.
	5:4	+	7	6:1	=0,02
MDH	2:1	-	7	1:6	=0,02
	3:2	+	7	7:0	=0,01
	4:3	-	7	7:0	=0,01
	5:4	+	7	6:1	=0,02

In Tabelle 9 werden die Ergebnisse der statistischen Prüfung der Tabellen 7 und 8 aufgeführt.

Für GOT ist bei allen Pferden der Aktivitätsanstieg nur in der zweiten Trainingsperiode statistisch gesichert. Der Mittelwert $\bar{x}$ verdeutlicht die Höhe ihres Anstieges besonders von der 4. zur 5. Entnahme.

Die CPK zeigt bei den Kölner Pferden (I-X) kein signifikantes Verhalten, dagegen ist der Anstieg dieser Enzymwerte bei den Badener Pferden (XI-XVII) schon in der ersten Trainingsperiode signifikant ($P = 0,05$ bzw. $P = 0,02$).

Ein Abfall während der Winterpause ist statistisch gesichert ($P = 0,02$) und der erneute Anstieg bei der letzten Entnahme liegt innerhalb der Vertrauensgrenzen ($P = 0,02$).

Sämtliche Unterschiede der LDH-Aktivitäten können für die Pferde aus Köln nicht gesichert werden. Dagegen sind alle Anstiege der LDH-Aktivitäten der Badener Pferde, außer zwischen der 3. und 4. Untersuchung, statistisch bewiesen ($P = 0,02$).

Die MDH weist bei den Pferden aus Köln zwischen der 4. und 5. Entnahme einen gesicherten Unterschied auf ($P = 0,01$). Bei den Badener Pferden sind diese Unterschiede zwischen allen Messungen statistisch gesichert.

4.3 Aufteilung der Pferde in Leistungsgruppen

Durch die Zweijährigen-Rennen, die ab 1. Juni eines jeden Jahres ausgetragen werden, ist es möglich, auf Grund der Ergebnisse einen Leistungsnachweis zu erhalten. Die 17 Pferde können in vier Leistungsgruppen eingeteilt werden.

Sechs Pferde sind in Rennen gelaufen und haben mehrfach gesiegt oder gute Plätze errungen. Ihre Werte erscheinen am repräsentativsten für die Enzymaktivitätsänderungen gesunder Pferde während eines adäquaten Trainings. Sie sind in Tabelle 10 dargestellt, das Ergebnis ihrer statistischen Auswertung wird in Tabelle 14 aufgezeigt.

Zwei Pferde sind in Rennen eingesetzt worden und erreichten keine Plazierung. Sie versagten schon in der ersten Leistungsprüfung. Die Ergebnisse der Untersuchungen enthält die Tabelle 11.

Zwei weitere Pferde sind während des gesamten Trainings öfters an partiellen Sehnenzerreißen erkrankt und wurden deshalb nicht geprüft. Ihre Werte sind in Tabelle 12 zusammengefaßt.

Von sieben Pferden ist kein Leistungsnachweis erbracht worden. Sie können weder als gut noch als schlecht klassifiziert werden. Ihre Enzymwerte weisen die gleiche Änderung auf, wie die der sechs geprüften Pferde mit guten Leistungen. Deshalb ist auch ihr Enzymverhalten charakteristisch für Veränderungen, wie sie durch das Training hervorgerufen werden. Ihre Werte sind in Tabelle 13 aufgezeigt. Das Ergebnis der statistischen Auswertung enthält die Tabelle 14.

Tab. 10 GOT-, CPK-, LDH- und MDH-Aktivitäten von 6 in Rennen geprüften Pferden, die gute Leistungen brachten, in Abhängigkeit von der Trainingsdauer in mU/ml

GOT	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd XIV	116	105	149	103	130
Pferd XV	92	88	103	121	143
Pferd XVII	90	89	106	119	138
Pferd I	98	90	92	105	123
Pferd IV	98	90	90	105	128
Pferd V	94	113	110	120	212
$\bar{x}$	98,0	95,8	108,3	112,2	145,6
s	± 9,4	± 10,5	± 21,4	± 8,6	± 33,3

Fortsetzung von Tabelle 10

CPK	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd XIV	35	47	57	41	24
Pferd XV	27	32	37	38	55
Pferd XVII	29	39	43	42	51
Pferd I	35	24	24	34	32
Pferd IV	36	32	18	36	32
Pferd V	26	42	36	43	79
$\bar{x}$	31,3	36,0	35,8	39,0	45,5
s	$\pm 4,5$	$\pm 8,3$	$\pm 13,8$	$\pm 3,6$	$\pm 20,3$

LDH

Pferd XIV	238	286	348	273	277
Pferd XV	214	267	301	278	334
Pferd XVII	218	258	280	233	308
Pferd I	257	258	370	320	367
Pferd IV	210	200	248	210	252
Pferd V	324	258	363	310	343
$\bar{x}$	243,5	254,5	318,3	270,6	313,6
s	$\pm 43,2$	$\pm 28,8$	$\pm 49,5$	$\pm 42,8$	$\pm 48,4$

Fortsetzung von Tabelle 10

MDH	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
	1.	2.	3.	4.	5.
Untersuchung					
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd XIV	337	286	502	236	276
Pferd XV	324	395	478	431	433
Pferd XVII	314	305	463	421	442
Pferd I	295	265	295	334	490
Pferd IV	325	303	354	280	435
Pferd V	482	414	492	398	698
$\bar{x}$	346,1	321,0	430,6	350,0	462,3
s	$\pm 68,0$	$\pm 61,3$	$\pm 85,3$	$\pm 80,1$	$\pm 136,4$

Tab. 11 GOT-, CPK-, LDH- und MDH-Aktivitäten von 2 in Rennen geprüften Pferden, die schlechte Leistungen brachten, in Abhängigkeit von der Trainingsdauer in mU/ml.

GOT	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd II	89	76	101	120	420
Pferd VI	109	94	100	117	247
$\bar{x}$	99,0	85,0	100,5	118,5	333,5

CPK

Pferd II	31	24	35	51	102
Pferd VI	33	39	35	23	197
$\bar{x}$	32,0	31,5	35,0	37,0	149,5

LDH

Pferd II	267	238	268	298	249
Pferd VI	152	230	152	191	257
$\bar{x}$	209,5	234,0	210,0	244,1	253,0

MDH

Pferd II	354	325	295	326	507
Pferd VI	295	344	325	325	543
$\bar{x}$	324,5	334,5	310,0	325,5	525,0

Tab. 12 GOT-, CPK-, LDH- und MDH-Aktivitäten von 2 Pferden, die nicht in Rennen geprüft wurden, da sie im Training erkrankten, in Abhängigkeit von der Trainingsdauer in mU/ml

GOT	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
	1.	2.	3.	4.	5.
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd XI	627	271	194	104	850
Pferd XII	112	104	145	850	260
$\bar{x}$	369,5	190,0	169,5	477,0	555,0

CPK					
Pferd XI	124	181	247	41	244
Pferd XII	32	63	124	91	150
$\bar{x}$	78,0	122,0	185,5	66,0	197,0

LDH					
Pferd XI	210	195	225	231	286
Pferd XII	198	210	284	312	267
$\bar{x}$	204,0	202,5	254,5	271,5	277,0

MDH					
Pferd XI	543	364	530	476	729
Pferd XII	341	336	537	486	394
$\bar{x}$	442,0	335,0	533,5	481,0	561,5

Tab. 13 GOT-, CPK-, LDH- und MDH-Aktivitäten von 7 Pferden, die nicht in Rennen geprüft wurden, in Abhängigkeit von der Trainingsdauer in mU/ml

GOT	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
Untersuchung	1.	2.	3.	4.	5.
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd III	100	96	92	130	128
Pferd VII	85	141	90	103	148
Pferd VIII	89	90	101	112	207
Pferd IX	118	92	94	119	130
Pferd X	89	85	112	207	165
Pferd XIII	119	114	97	148	175
Pferd XVI	96	82	119	125	148
$\bar{x}$	99,4	100,0	100,7	133,9	157,3
s	$\pm 13,9$	$\pm 20,8$	$\pm 10,9$	$\pm 34,5$	$\pm 27,8$

CPK

Pferd III	35	24	24	36	24
Pferd VII	16	47	71	25	55
Pferd VIII	51	45	43	55	134
Pferd IX	25	32	24	24	24
Pferd X	39	47	39	39	54
Pferd XIII	47	47	36	29	79
Pferd XVI	32	24	58	50	62
$\bar{x}$	35,0	38,0	42,1	36,9	61,7
s	$\pm 12,2$	$\pm 11,0$	$\pm 17,3$	$\pm 12,1$	$\pm 37,6$

Fortsetzung von Tabelle 13

LDH	1. Trainingsperiode			2. Trainingsperiode	
	1.	2.	3.	4.	5.
Untersuchung					
Trainingsdauer in Monaten	-	1	2	5	7
Pferd III	210	172	257	172	152
Pferd VII	171	191	181	220	219
Pferd VIII	276	296	219	229	324
Pferd IX	191	210	143	210	277
Pferd X	197	186	162	248	248
Pferd XIII	271	294	115	289	324
Pferd XVI	207	239	325	289	321
$\bar{x}$	217,6	226,9	200,4	236,7	266,4
s	$\pm 40,3$	$\pm 51,1$	$\pm 72,5$	$\pm 42,5$	$\pm 65,1$

MDH					
Pferd III	325	354	325	246	394
Pferd VII	275	374	325	374	344
Pferd VIII	325	521	413	433	461
Pferd IX	266	354	334	305	334
Pferd X	364	286	334	379	456
Pferd XIII	364	355	468	236	315
Pferd XVI	326	325	537	483	497
$\bar{x}$	320,7	367,0	390,9	350,9	400,1
s	$\pm 38,5$	$\pm 73,7$	$\pm 84,6$	$\pm 92,9$	$\pm 71,9$

Tab. 14 Statistische Prüfung der Meßwerte aus den Tabellen 10 und 13 nach dem Zeichentest.

Symbole wie in Tabelle 9

Gruppe der
6 geprüften
Pferde

Pferde	Untersuchung	$\bar{x}$	n_D	+:-	P
GOT	2:1	-	6	1:5	=0,05
	3:2	+	5	4:1	n.s.
	4:3	+	6	5:1	=0,05
	5:4	+	6	6:0	=0,01
CPK	2:1	+	6	4:2	n.s.
	3:2	-	5	3:2	n.s.
	4:3	+	6	5:1	=0,05
	5:4	+	6	3:3	n.s.
LDH	2:1	+	6	4:2	n.s.
	3:2	+	6	6:0	=0,01
	4:3	-	6	0:6	=0,01
	5:4	+	6	6:0	=0,01
MDH	2:1	-	6	1:5	=0,05
	3:2	+	6	6:0	=0,05
	4:3	-	6	1:5	=0,05
	5:4	+	6	6:0	=0,01

Fortsetzung von Tabelle 14

Gruppe der 7
ungeprüften

Pferde	Untersuchung	$\bar{x}$	n_D	+: -	P
GOT	2:1	+	7	2:5	n.s.
	3:2	+	7	4:2	n.s.
	4:3	+	7	7:0	=0,01
	5:4	+	7	5:2	n.s.
CPK	2:1	+	6	3:3	n.s.
	3:2	+	6	2:4	n.s.
	4:3	-	5	2:3	n.s.
	5:4	+	6	5:1	=0,05
LDH	2:1	+	7	5:2	n.s.
	3:2	-	7	2:5	n.s.
	4:3	+	7	5:2	n.s.
	5:4	+	6	4:2	n.s.
MDH	2:1	+	7	4:3	n.s.
	3:2	+	7	3:4	n.s.
	4:3	-	7	3:4	n.s.
	5:4	+	7	6:1	=0,02

Die Ergebnisse der statistischen Prüfung (Tabelle 14) verdeutlichen den signifikanten Anstieg der GOT bei den 6 geprüften Pferden von der 3. zur 4. und von der 4. zur 5. Untersuchung ($P = 0,05$ bzw. $P = 0,01$).

Bei den 7 ungeprüften Zweijährigen ist nur der Unterschied zwischen 3. und 4. Entnahme statistisch gesichert. Dies ist ein Zeichen für die unterschiedlichen Einzelwerte innerhalb dieser Gruppe.

Die CPK zeigt bei beiden Leistungsgruppen kein signifikantes Verhalten. Zwar ist ein allgemeiner Anstieg anhand des Mittelwertes zu beobachten, jedoch ist dies bei den 6 Pferden nur zwischen 3. und 4. Untersuchung und bei den 7 Pferden nur zwischen der 4. und 5. Entnahme bewiesen ($P = 0,05$).

Das Verhalten der LDH ist nur innerhalb der Gruppe der geprüften Pferde gesichert. Zu beachten ist der signifikante Abfall zwischen 3. und 4. Entnahme, also während der Winterpause ($P = 0,01$). Die übrigen Anstiege sind innerhalb der Vertrauensgrenzen ($P = 0,01$).

Eine ähnliche Situation ergibt sich bei den Werten der MDH. Auch hier ist ein Abfall in der Winterpause bei der 1. Gruppe statistisch bewiesen ($P = 0,05$). Die Anstiege liegen mit $P = 0,01$ innerhalb der Vertrauensgrenzen. Bei der 2. Gruppe ist nur der letzte Anstieg signifikant ($P = 0,02$).

4.4 Ermittlung eines neuen Wertes für die CPK-Aktivität

Die Creatin-Phosphokinase wird im Serum rasch inaktiviert, deshalb ist es zweckmäßig, eine Bestimmungsmethode anzuwenden, welche die CPK reaktiviert und damit höhere Meßwerte liefert. Nach einem solchen Verfahren ist in dieser Arbeit die CPK-Aktivität ermittelt worden. Von 13 gesunden, untrainierten zweijährigen Pferden wurde der Durchschnittswert errechnet.

Tab. 15 Durchschnittswert für CPK (reaktiviert mit Glutathion) von 13 gesunden, untrainierten zweijährigen Vollblütern in mU/ml

Pferd		Pferd		Pferd		Pferd		Pferd	
I	35	IV	36	IX	25	XIV	35	XVII	32
II	31	V	26	X	39	XV	27		
III	35	VI	33	XII	32	XVI	29		

$$\bar{x} = 31,9 \quad s = \pm 4,2$$

4.5 Graphische Darstellung der Werte aller Leistungsgruppen

Da das charakteristische Verhalten von GOT, LDH und MDH innerhalb der Gruppe der sechs in Rennen geprüften, guten Pferde statistisch gesichert ist, werden für diese Gruppe die Aktivitätsänderungen aller vier Enzyme, abhängig von der Trainingsdauer, in den Abbildungen 1 - 4 aufgezeichnet. Die Kurvenpunkte werden dargestellt durch die Mittelwerte jeweils einer Untersuchung.

In den Abbildungen 5 - 8 werden die Aktivitäten der vier Enzyme in Abhängigkeit von der Trainingsdauer in Säulen dargestellt. Jede Säule repräsentiert die Werte je einer Leistungsgruppe. Mit aufgezeigt wird für die Enzyme GOT und CPK und für die Mittelwerte der sechs geprüften und sieben ungeprüften Pferde die dreifache Standardabweichung. Diese Darstellungsweise läßt erkennen, ob die beiden letzten Säulen, d.h. die Mittelwerte der zwei geprüften und der zwei ungeprüften Pferde außerhalb der dreifachen Streuung der beiden ersten Gruppen liegen, und ob damit ihr Verhalten signifikant ist.

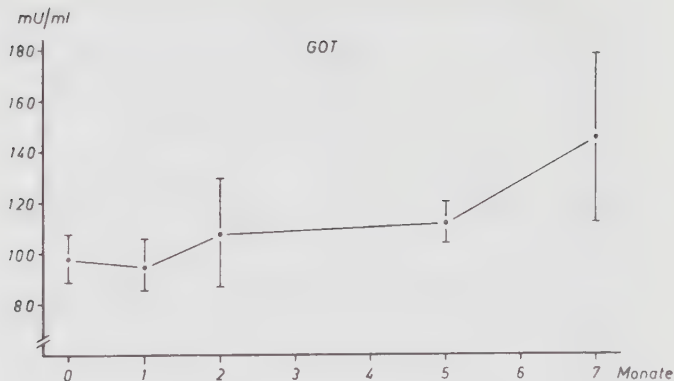


Abb. 1 GOT-Aktivität in mU/ml der sechs in Rennen geprüften, guten Pferde, abhängig von der Trainingsdauer in Monaten.
(0 = Untersuchung vor Beginn des Trainings)
I Mittelwert von sechs Tieren mit Standardabweichung (1s)

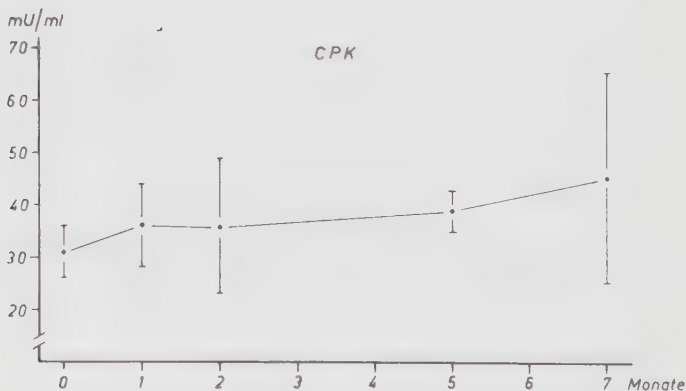


Abb. 2 CPK-Aktivität in mU/ml der sechs in Rennen geprüften, guten Pferde, abhängig von der Trainingsdauer in Monaten.
(0 = Untersuchung vor Beginn des Trainings)
I Mittelwert von sechs Tieren mit Standardabweichung (1s)

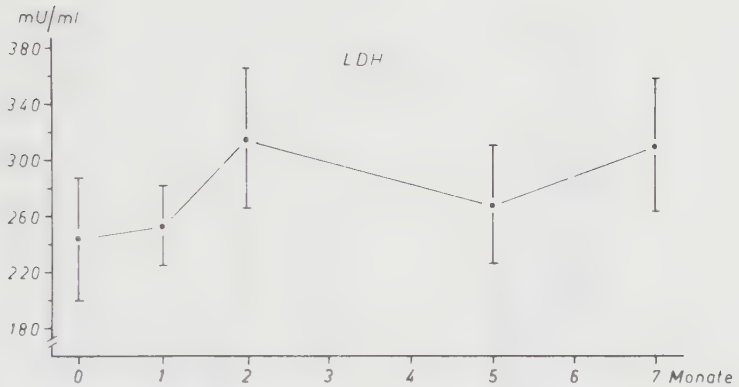


Abb. 3 LDH-Aktivität in mU/ml der sechs in Rennen geprüften, guten Pferde, abhängig von der Trainingsdauer in Monaten. (0 = Untersuchung vor Beginn des Trainings)
• Mittelwert von sechs Tieren mit Standardabweichung (1s)

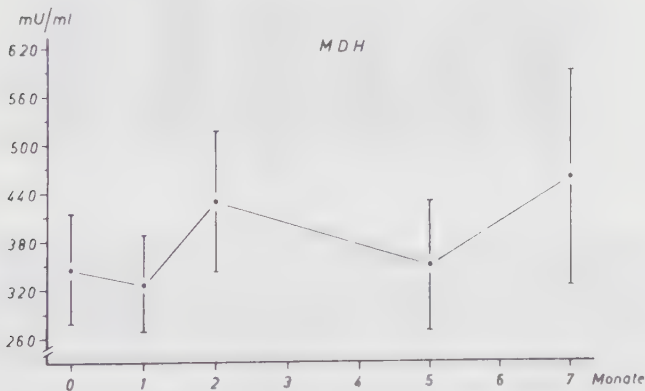


Abb. 4 MDH-Aktivität in mU/ml der sechs in Rennen geprüften, guten Pferde, abhängig von der Trainingsdauer in Monaten. (0 = Untersuchung vor Beginn des Trainings)
• Mittelwert von sechs Tieren mit Standardabweichung (1s)

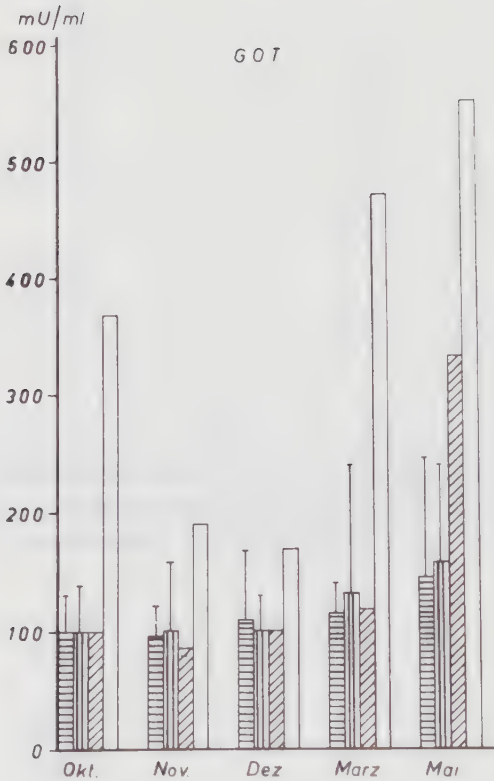


Abb. 5 GOT-Aktivität in mU/ml der vier Leistungsgruppen abhängig von der Trainingsdauer. Die Säulen entsprechen den Mittelwerten von jeweils einer Gruppe. Bei den beiden ersten Säulen ist die Höhe der dreifachen Streuung (3s) nach oben eingezeichnet.

- ≡≡≡ Gruppe der sechs geprüften leistungsstarken Pferde
- |||| Gruppe der sieben ungeprüften Pferde
- /// Gruppe der zwei geprüften leistungsschwachen Pferde
- Gruppe der zwei nicht geprüften kranken Pferde

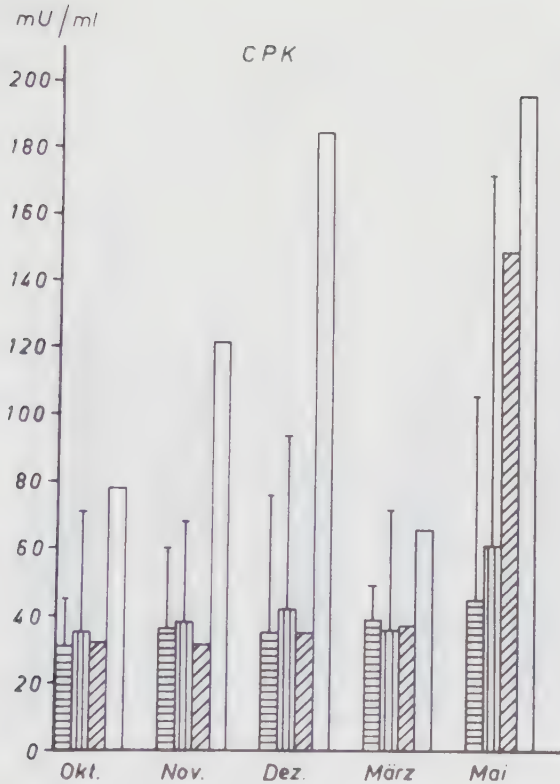


Abb. 6 CPK-Aktivität in mU/ml der vier Leistungsgruppen abhängig von der Trainingsdauer. Die Säulen entsprechen den Mittelwerten von jeweils einer Gruppe. Bei den beiden ersten Säulen ist die Höhe der dreifachen Streuung (3s) nach oben eingezeichnet.

Erklärung der Symbole siehe Abb. 5

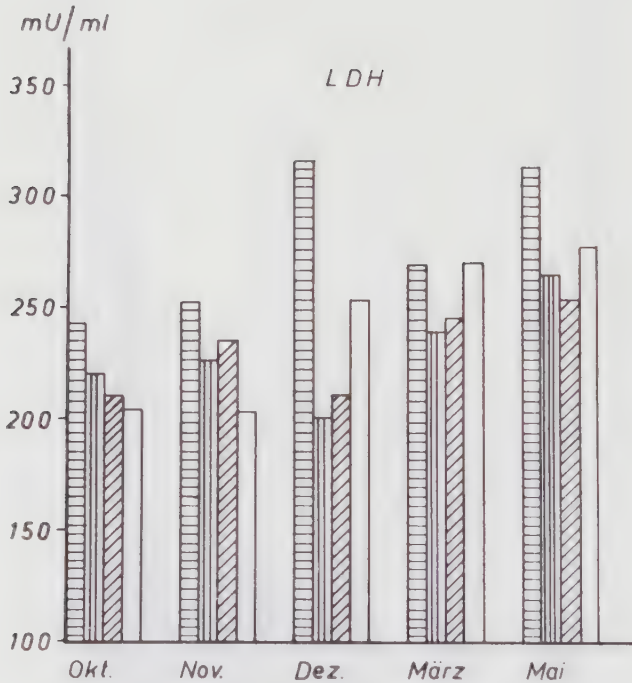


Abb. 7 LDH-Aktivität in mU/ml der vier Leistungsgruppen abhängig von der Trainingsdauer . Die Säulen entsprechen den Mittelwerten von jeweils einer Gruppe.

Erklärung der Symbole siehe Abb. 5

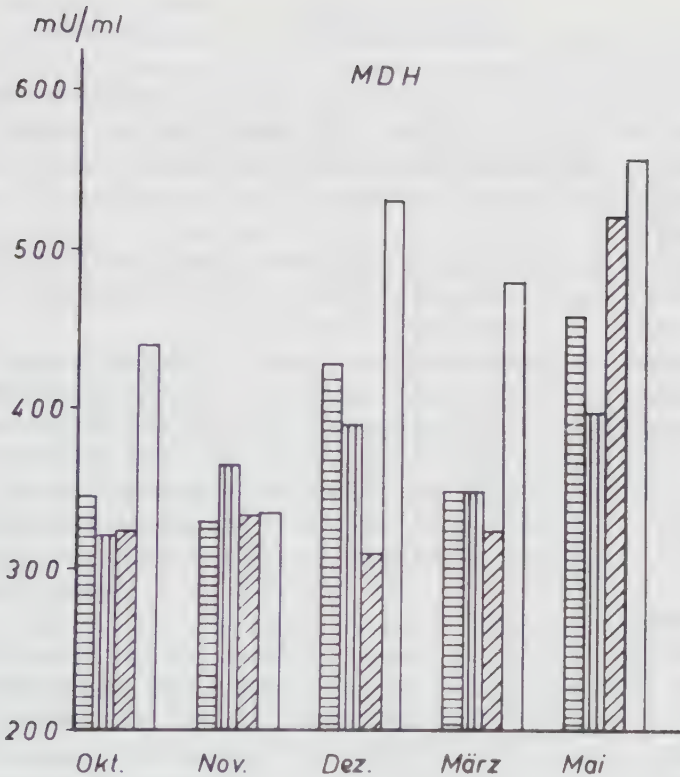


Abb. 8 MDH-Aktivität in mU/ml der vier Leistungsgruppen abhängig von der Trainingsdauer. Die Säulen entsprechen den Mittelwerten von jeweils einer Gruppe.

Erklärung der Symbole siehe Abb. 5

5. Diskussion

Um festzustellen, ob der unterschiedliche Zeitpunkt der Blutentnahmen nach einer Belastung einen Einfluß auf die Meßwerte hat, wird an zehn Pferden der Kölner Rennbahn das Verhalten der Enzymaktivitäten nach einem schnellen Galopp über 1000 m untersucht.

Nach ULLRICH (35) erreichen die Transaminasen beim Pferd 30 Minuten nach einer Belastung die höchste Aktivität im Serum. In den folgenden 30 Minuten nehmen sie um 20 % ab.

Beim Menschen erfahren die Transaminasen 15 Minuten nach einer körperlichen Anstrengung einen Anstieg, um sofort wieder auf den Ausgangswert abzusinken (nach BLOCK (4)). Allerdings erhöhen sie sich 12 - 24 Stunden nach einer Belastung von neuem. Grad und Verlauf der Erhöhung sind nicht angegeben. Die CPK steigt 30 - 60 Minuten nach einer Belastung an und fällt innerhalb von 4 - 6 Stunden langsam ab. Die LDH erreicht nach 60 Minuten das Maximum und geht erst innerhalb von 24 Stunden auf den Ausgangswert zurück.

Nach den eigenen Untersuchungen beim Pferd ist die Plasmaaktivität von GOT, CPK und MDH schon 15 Minuten nach der Belastung angestiegen. Der erhöhte Plasmaspiegel für GOT und CPK ist noch nach 6 Stunden festzustellen. MDH nimmt innerhalb dieser Zeit um ca. 20 % ab. Das Verhalten der LDH-Aktivität ist auffallend. Sie sinkt 15 Minuten nach Belastung um 15 % ab. Diese erniedrigte Aktivität konnte noch 6 Stunden später nachgewiesen werden. Diese Tatsache wurde von HOERNICKE (persönliche Mitteilung) bestätigt.

Auf Grund dieser Versuche läßt sich zeigen, daß die GOT-, CPK- und LDH-Bestimmungen in Blutproben, die 15 Minuten bis 6 Stunden nach Belastung genommen werden, keine großen Abweichungen der Aktivitäten ergeben.

Bei der Aufstellung des Versuchsplanes und bei der Aufzeichnung der Ergebnisse wird das Training in zwei Perioden aufgeteilt, und die Pferde werden nach Trainerzugehörigkeit geordnet. Diese Maßnahme erweist sich nach der statistischen Prüfung der Er-

gebnisse als richtig.

Die Aktivitätsveränderungen aller 10 Kölner Pferde während der ersten Trainingsperiode sind nicht signifikant. Dies ist ein Ausdruck für die geringen Anforderungen, die in dieser Zeit an die Pferde gestellt werden.

Erst in der zweiten Periode wird ein statistisch erwiesener Anstieg der GOT und MDH um 30 % deutlich. Das Training stellt in dieser Zeit eine größere Belastung dar. Einige Tiere reagieren mit einer hohen GOT- und CPK-Aktivität; beide Enzyme erhöhen sich bei diesen Tieren um 40 % bis 200 % und mehr.

Ein anderes Verhalten zeigen die Werte der Baden-Badener Pferde in der ersten Periode. Bereits hier wird ein statistisch gesicherter Anstieg der CPK, LDH und MDH um 20 % festgestellt. Dies ist als Zeichen für die härtere Trainingsmethode zu werten. Während die Winterpause ein signifikantes Abfallen der CPK- und MDH-Aktivität um 20 % bewirkt, bringt die zweite Periode mit ihren hohen Trainingsanforderungen einen Anstieg aller vier Enzyme um 30 %.

Unter den Pferden der Baden-Badener Rennbahn befinden sich zwei Tiere, deren Meßwerte für GOT und CPK weit über denen der anderen Tiere liegen. Die extrem hohen und nach GERBER (13) krankhaften GOT- und CPK-Aktivitäten bei Pferd XI werden zunächst auf eine bereits abgeheilte Wunde in der Pectoralis-Muskulatur zurückgeführt. Im Laufe des Trainings zeigte es sich jedoch, daß nicht diese Verletzung, sondern andere Schäden am Bewegungsapparat für die Höhe der Aktivitäten verantwortlich sein mußten. So machten sich bei diesem Tier auch Veränderungen an den Beuge-sehnen der Vordergliedmaßen bemerkbar, deren Auswirkung auf den Enzymspiegel der GOT und der CPK jedoch nicht sicher ist. Auch die Enzymaktivitäten der Pferde II, VI und XII deuten auf Schäden in der Muskulatur hin; denn Meßwerte von solcher Höhe werden bei GERBER (13) als Folge von Muskelkrankheiten, insbesondere von Myoglobinnämie, geschildert.

Bei der Einteilung der Pferde in Leistungsgruppen kann eine gute Übereinstimmung der Enzymaktivitäten innerhalb dieser Gruppen festgestellt werden. Dies ist ein Anzeichen dafür, daß die Leistungsfähigkeit eines Tieres mit der Höhe des Enzymspiegels in Verbindung steht.

Innerhalb der Gruppe der sechs geprüften, guten Zweijährigen macht sich ein einheitlicher Aktivitätsanstieg von der ersten bis zur letzten Entnahme um 20 % - 30 % bemerkbar. In den Abbildungen 1 - 4 ist der Anstieg aller Enzyme dieser sechs Pferde von der 4. zur 5. Untersuchung deutlich zu erkennen. Der CPK-Anstieg liegt hierbei außerhalb der Vertrauensgrenzen. Die geringe Zunahme der GOT- und CPK-Aktivitäten und der Abfall von LDH und MDH während der Winterpause wird in diesen Abbildungen veranschaulicht. Die LDH- und MDH-Unterschiede sind statistisch gesichert.

Man darf den Abfall und Anstieg der Mittelwerte dieser Gruppe als typisch für die Aktivitätsänderungen ansehen, die während eines angemessenen Trainings ablaufen.

Die Enzym-Aktivitäten der sieben ungeprüften Pferde zeigen ein fast gleiches Verhalten wie die der sechs geprüften. Die Abbildungen 5 - 8 verdeutlichen diese Behauptung. In diesen graphischen Darstellungen werden die Mittelwerte aller Gruppen in Säulen aufgezeichnet. Dies läßt einen Vergleich zwischen der Leistungsfähigkeit und der Höhe des Enzymspiegels zu.

Die Plasmaaktivität von GOT und CPK der zwei im Training erkrankten Pferde sind bei allen Entnahmen so angestiegen, daß sie außerhalb der dreifachen Streuung liegen. Die dreifache Streuung ist für die Mittelwerte der Gruppe der sechs geprüften Pferde und der sieben ungeprüften Pferde errechnet und eingezeichnet worden.

Auch die GOT- und CPK-Aktivität der beiden in Rennen geprüften und schlecht platzierten Pferde liegt bei der letzten Entnahme außerhalb der dreifachen Streuung. LDH und MDH zeigen beim Ge-

genüberstellen der Leistungsgruppen keine eindeutige Abhängigkeit von der Leistung der Tiere.

Nach den bisher gemachten Feststellungen wäre eine laufende Bestimmung der GOT- und CPK-Aktivität im Plasma während des Trainings zweckmäßig. Man könnte dadurch beurteilen, wie weit beim Einzeltier die Trainingsanforderungen gesteigert werden können ohne Schäden am Bewegungsapparat hervorzurufen. Auch eine Erkennung von bereits eingetretenen krankhaften Veränderungen an der Muskulatur wäre möglich.

Die Frage nach der Ursache des Enzymaustrittes aus der Zelle in das Plasma nach kurzer Belastung oder nach einem Training ist auf Grund dieser Untersuchungen nicht zu beantworten. SCHMIDT und SCHMIDT (32) diskutieren dieses Problem eingehend. Nach ihnen können folgende Vorgänge in der Zelle und an der Zellmembran für den Enzymanstieg im Plasma verantwortlich sein:

1. Unter Höchstbelastung werden die energiereichen Phosphate in starkem Maße verbraucht. Dadurch kommt es zu einem relativen Absinken derjenigen Energie, die die Zellstruktur aufrecht erhält.
2. Der Enzymaustritt ist eine Nebenerscheinung der erhöhten Zelldurchlässigkeit, die dem beschleunigten Austausch von Substraten und Metaboliten dient, und der durch das unvollkommene Auslesevermögen der begrenzenden Membranen bedingt ist.
3. Überalterte Enzyme werden in der Zelle nicht erneuert, sondern gelangen in das Serum.
4. Enzyme werden vermehrt gebildet und in Verbindung mit dem angestiegenen Substrataustausch in das Serum ausgeschieden.

Die Ergebnisse der eigenen Untersuchungen zeigen, daß infolge eines lang andauernden Trainings die Enzymaktivitäten der gesunden Tiere bis zu einer gewissen Höhe ansteigen. Man könnte daher annehmen, daß auf Grund ihrer stärkeren Beanspruchung größere Mengen von Enzymen in der Zelle gebildet und dadurch auch vermehrt in das Plasma entlassen werden. Ebenso könnte auch das

Verhalten der Enzyme nach einer starken Belastung erklärt werden. Die starke Belastung induziert in der Muskelzelle eine vermehrte Bildung aller muskelspezifischen Enzyme. Diejenigen Enzyme, die auf Grund des Muskelstoffwechsels, der bei einer kurzen Höchstbelastung abläuft, weniger gebraucht werden, gelangen vermehrt ins Plasma. Lactat-Dehydrogenase dagegen, die bei der Glykolyse ein wichtiger Katalysator ist, wird in größerem Maße verbraucht und erleidet dadurch eine Serumaktivitätsabnahme. Dies würde im Einklang stehen mit den Ergebnissen der Tabelle 5, wo die LDH nach einem Renngalopp über 1000 m einen Aktivitätsverlust erleidet.

Diese Aussagen sind nicht zu beweisen, zumal in dieser Arbeit die Veränderungen der Isoenzyme der LDH, die mögliche Hämolyse und die Eindickung des Blutes während starker Belastung nicht berücksichtigt werden. Nach BLOCK (4) beeinflussen diese Faktoren die Aktivitätsänderungen beim Menschen nicht.

Die Bestimmung der Creatin-Phosphokinase-Aktivität wird mit einer neuen Methode durchgeführt (SZASZ u. Mitarbeiter, 40). Danach beträgt die durchschnittliche CPK-Aktivität im Plasma des Pferdes anhand der Meßwerte von 13 gesunden, untrainierten zweijährigen Vollblütern $32,0 \pm 4,5$ mU/ml. Die neue Methode ermöglicht ein genaueres Messen, da bei der von GERBER (13) angewandten Methode die durchschnittliche CPK-Aktivität mit nur 1 mU/ml ermittelt wird.

6. Zusammenfassung

Die Aktivitätsänderungen der muskelspezifischen Enzyme GOT, CPK, LDH und MDH werden an 17 Vollblütern während eines 7-monatigen Trainings untersucht.

Die Trainingsmethoden und die Methoden der Aktivitätsbestimmungen werden beschrieben.

Der Verlauf der Aktivitätsänderungen nach einem Renngalopp über 1000 m wird an 10 Pferden untersucht.

Die Ergebnisse werden in tabellarischen Übersichten und graphischen Darstellungen veranschaulicht.

Die Creatin-Phosphokinase wird mittels einer neuen Methode bestimmt. Für das Pferd wird danach ein Durchschnittswert der CPK-Aktivität von $32,0 \pm 4,5$ mU/ml angegeben.

Während eines 7-monatigen Trainings wird ein statistisch gesicherter Anstieg der Enzyme GOT und CPK um 30 %, der LDH und MDH um 25 % verzeichnet.

Unterschiedliche Intensität des Trainings beeinflusst die Höhe der Enzymaktivitäten.

Bei vier leistungsschwachen Pferden liegen die Meßwerte für GOT und CPK um 300 % höher als die Ausgangswerte. Dies wird auf pathologische Veränderungen am Bewegungsapparat zurückgeführt.

Eine laufende Bestimmung der GOT- und CPK-Aktivitäten im Plasma während des Trainings wäre zweckmäßig, um zu beurteilen, wie weit beim Einzeltier die Trainingsanforderungen gesteigert werden können, ohne Schäden am Bewegungsapparat hervorzurufen.

7. Literaturverzeichnis

- (1) ALTLAND, P.
HIGHMAN, B. Effects of exercise in serum enzyme values and tissues of rats.
Amer. J. Physiol. 210:393 (1961)
- (2) ALTLAND, P.
HIGHMAN, B.
NELSON, B.D. Serum enzyme and tissue changes in rats exercise repeatedly at altitude effects of training.
Amer. J. Physiol. 214:28 (1968)
- (3) BAUMANN, P.
ESCHER, I.
RICHTERICH, R. Das Verhalten von Serumenzymen bei sportlichen Leistungen.
Schweiz. Z. Sportmed. 10:33 (1962)
- (4) BLOCK, P.
van RIJMENANT, M.
BADJOU, R.
van MELSEM, A.Y.
VOGELEER, R. The effects of exhaustive effort on serum enzymes in man.
Biochemistry of exercise. Medicine and sport 3:259 (1969)
- (5) BOYER, P.D.
LARDY, H.
MYRBÄCK, R. The Enzymes Vol.1
Academic Press, New York (1960)
- (6) CANTONE, A.
CERTELLI, P. The effect of muscle work on serum aldolase activity in trained and untrained men.
Int. Z. angew. Physiol. 18:107 (1960)
- (7) CRITZ, I.B. The effect of exercise on tissue and serum glutamic-oxalacetic transaminase.
Diss. Abstr. 22:2852 (1962)
- (8) CRITZ, I.B.
MERRICH, A.W. Serum glutamic oxalacetic transaminase levels after exercise in men.
Proc. Soc. Exper. Biol. 109:608 (1962)
- (9) FOWLER, W.M.
CHOWDHURY, S.R.
PEARSON, C.M.
GARDNER, G.
BRATTON, R. Changes in serum enzyme levels after exercise in trained and untrained subjects.
J. appl. Physiol. 17:943 (1962)
- (10) FREEDLAND, R.A.
HJERPE, C.A.
CORNELIUS, C.E. Comparative Studies on Plasma Enzyme Activities in experimental hepatic Necrosis in the horse.
Res. vet. Sci. 6:18 (1965)

- (11) GARBUS, I.
HIGHMAN, B.
ALTLAND, P. Serum enzymes and lacticdehydrogenase isoenzymes after exercise and training in rats.
Amer. J. Physiol. 207: 467 (1964)
- (12) GERBER, H. Aktivitätsbestimmungen von Serumenzymen in der Veterinärmedizin.
Schweiz. Arch. Tierheilk. 107:685 (1965)
- (13) GERBER, H. Enzymdiagnostik bei inneren Krankheiten des Pferdes.
Zbl. Vet. Med., Reihe A 11:135 (1964)
- (14) GOLLNICK, P.D.
HEARN, G.R. Lacticdehydrogenase activities of heart and sceletal muscle of exercised rats.
Amer. J. Physiol. 201:694 (1961)
- (15) HEARN, G.R.
WAINIO, W.W. Aldolase activity of the heart and sceletal muscle of exercised rats.
Amer. J. Physiol. 190: 206 (1957)
- (16) HELMREICH, E.
CORI, C.F. Regulation of glycolysis in muscle. In: Advances in enzyme regulation. Vol. 3 Ed. G. Weber Pergamon Press (1956) p. 91
- (17) HOLLMANN, W.
SCHLÜSSEL, H.
SPECHTMEYER, H. Einige Enzym-Spiegel bei dosierter dynamischer und statischer Arbeit unter Atmung variabler O₂-Gemische. Sportarzt und Sportmed. (1965) p.166
- (18) HOLLOSZY, I.O. Biochemical adaptions in muscle. Effects of exercise on mitochondrial oxygen uptake and respiratory enzyme acticity in sceletal muscle.
J. Biol. Chem. 242:2278 (1967)
- (19) KARLSON, P. Lehrbuch der Biochemie
5. Auflg. 1966, Georg-Thieme-Verlag, Stuttgart
- (20) KARMEN, A. et al.
WROBLEWSKI, F.
LA DUE, I.S. Transaminase activity in human blood. J. clin. Invest. 34:126 (1955)
- (21) KENDRICK-JONES, I.
FERRY, S.V. Enzymatic adaption to contractile activity in sceletal muscle.
Nature 208: 1068 (1965)

- (22) KEUL, I.
DOLL, E.
KEPPLER, D. The substrate supply of the human
skeletal muscle at rest, during and
after work.
Experientia 23:977 (1967)
- (23) KÜSTNER, W.
PAETZEL, A.
WEINREICH, I. Veränderungen der Kreatinphosphoki-
nase-Aktivität im Serum bei körper-
licher Belastung.
Med. Klin. 47:858 (1966)
- (24) LAGUENS, R.P.
GOMEZ-DUMM, C.L.A. Fine structure of myocardial mito-
chondria in rats after exercise for
one-half to two hours.
Circulat. Res. 21:271 (1967)
- (25) LAUDAHN, G.
HEYCK, H.
FEUSTEL, F. Enzyme im Serum bei Muskelkrankheiten.
Symp. über prakt. Enzymdiagnostik
Ed. F.W. Schmidt, Huber Verl. Bern
1968 p. 249
- (26) LAWRIE, R.A. The activity of the cytochrome system
in muscle and its relation to myoglo-
bin.
Biochem. J. 55:298 (1953)
- (27) OLIVER, I.T. A spectrophotometric method for the
determination of Creatin-Phosphoki-
nase and Myokinase.
Biochem. J. 61:116 (1955)
- (28) OTTO, P.
SCHMIDT, E.
SCHMIDT, F.W. Enzymspiegel im Serum bei körperli-
cher Arbeit und ambulanten Patienten.
Klin. Wschr. 42:75 (1964)
- (29) PETTE, D. Energieliefernder Stoffwechsel des
Muskels unter zellphysiologischem
Aspekt.
Symp. über progressive Muskeldystrophie
Ed. E. Kuhn, Springer-Verlag (1966)
p. 492
- (30) SANGSTER, I.F.
BEATON, I.R. Alterations in enzym activities as a
consequence of exercise (swimming) in
the rat.
Proc. Soc. Exper. Biol. 122:542 (1966)
- (31) SCHMIDT, E.
SCHMIDT, F.W. Enzym-Fibel, praktische Enzymdiagnos-
tik.
Biochem. Abteilung C.F. Boehringer
und Söhne (1969)
- (32) SCHMIDT, E.
SCHMIDT, F.W. Enzym modifications during activity
Biochemistry of Exercise
Medicine and Sport, Vol. 3 p.216(1969)

- (33) SOVA, Z.
JICHA, I. Die Aktivität der MDH, LDH und SDH
im Serum gesunder und leberkranker
Pferde.
Zbl. Vet. Med., A 10:305 (1963)
- (34) SUDHOF, H.
WÖTZEL, E. Über die Haltbarkeit von zur Enzym-
aktivitätsbestimmung vorgesehenen
Serumproben.
Klin. Wschr. 38:1165 (1960)
- (35) ULLRICH, W. Über das Verhalten der Serum-Trans-
aminasen bei Trabrennpferden nach
Bewegungsbelastung.
Wien. Tierärztl. Wschr. 33:95 (1966)
- (36) VETTER, K.
GRIESCHE, H. Serumfermente und ihr Verhalten
unter physiologischen Bedingungen.
MOCH, K. Z. ges. inn. Med. 17:359 (1961)
- (37) WROBLEWSKI, F. Lacticdehydrogenase activity in
LA DUE, I.S. blood.
Proc. Soc. Exper. Biol. 90:210 (1955)
- (38) van der WAERDEN, B.L. Mathematische Statistik
Springer-Verlag, 1957
- (39) CORNELIUS, C.E. Serum transaminase activities of
BURNHAM, L.G. thorough-bred horses in training.
HILL, H.E. J. Amer. Vet. Med. Ass. 142:639
(1963)
- (40) SZASZ, G. Serum-Kreatinkinase
BUSCH, E.W. I. Methodische Erfahrung und Normal-
FAROHs, H.B. werte mit einem neuen handelsüblichen
Test.
Dtsch. Med. Wschr. 15:829 (1970)

Herrn Dozent Dr. A. Wels danke ich für die Anleitung und Betreuung während der Durchführung der Arbeit.

Dem Direktorium für Vollblutzucht und Rennen bin ich für die finanzielle Unterstützung dankbar.

Mein besonderer Dank gilt den Herren Trainern, ohne deren bereitwilliges Verhalten die Arbeit nicht durchführbar gewesen wäre.

Lebenslauf

Am 15. Februar 1937 wurde ich, Hans Riethmüller, als Sohn des Studienrates Walter Riethmüller und seiner Ehefrau Hanna, geb. Hönes, in Brackenheim geboren.

Die Grundschule besuchte ich ab 1943 in Herrenberg. Von 1948 an ging ich auf das dortige Schickhardt-Gymnasium und von 1954 an auf die Urspringschule Schelklingen. Hier legte ich im März 1957 das Abitur ab.

Im Wintersemester 1963 begann ich das Studium der Veterinärmedizin an der Justus Liebig-Universität in Gießen, bestand dort im Oktober 1965 die Tierärztliche Vorprüfung und im Februar 1969 die Tierärztliche Prüfung und erhielt damit die Approbation als Tierarzt.

Seit 1. Juli 1970 bin ich am Veterinär-Physiologischen Institut der Justus Liebig-Universität in Gießen als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle tätig.

FOTO-DRUCK LENZ · 63 Gießen · Riegelpfad 32/Ecke Ludwigstraße
Telefon 0641-77449